

「シリコーン」絶縁直流電動機の試作 (Ⅲ)

「シリコーン」絶縁の熱伝達率

藤 宗 寛 治

A Trial Manufacture of a Silicone Insulated Direct Current Motor (Ⅲ)

Surface Coefficient of Heat Transfer of Silicone Insulation

Hiroharu FUJISO.

In the previous issue the author reported on the thermal conductivity of silicone insulation.

In order to apply the silicone insulation in designing a high temperature machine, it will be necessary to obtain precise data referring to the surface coefficient of silicone insulation.

The author, accordingly, investigate into the surface coefficient in this case and give the experimental results in this paper.

筆者は前号において「シリコーン」絶縁の熱伝導率について報告した。しかし「シリコーン」絶縁は新材料であるから、これを用いて高温度上昇の電気機器を設計しようとする場合には、熱が「シリコーン」絶縁の面上から流体に授受される割合すなわち熱伝達率についても正確な資料を得るための実験研究を行うことが必要である。

よつて筆者は「シリコーン」絶縁の熱伝達率について実験研究を行つたのでその結果について論述することにする。

1. 緒 言

「シリコーン」の熱伝導率については本研究報告前2号^{1), 2)}に詳述した。しかし熱が「シリコーン」絶縁の面上から流体に授受される割合、すなわち熱伝達率についても「シリコーン」絶縁を耐高温度上昇の目的に使用する場合にはその正確な資料を確めておくことが設計上必要である。よつて筆者は主として自由対流、強制対流における温度上昇と熱伝達率との関係を実験測定したのでその結果について述べることにする。その結果は Nusselt 係数対 Reynold 係数の関係についても言及した。

2. 測 定 の 理 論³⁾

熱伝達すなわち一般に固体の表面とそれに接触する周囲流体間の熱授受は、伝導、対流、同時に熱放射によつて行われ、したがつて伝熱量は雑多の原因によつて影響を受け、複雑な過程となるから、現在ではまだ決定的な定義式は見られない。一般には永年 Newton の冷却則が広く採用さ

れて居る。すなわち温度 θ ，表面積 dF なる固体表面から時間 $d\tau$ 間に温度 t なる周囲流体（静止または流動する液体または気体）に伝達する熱量 dQ は，面積 dF ，時間 $d\tau$ 並びに温度差 $(\theta - t)$ に比例するとの仮定に基くもので，次式の如く表わされる。

$$dQ = \alpha \cdot dF \cdot d\tau (\theta - t) \dots\dots\dots (1)$$

ここに流体温度 t とは，固体表面に近接した流体温度のことではなくて，固体面からある距たりにあり，固体壁の存在には無関係の流体温度を意味する。したがって両温度 θ ， t が時間的に変化しない定常状態において，表面積 F より時間 τ 間に流体へ伝達する熱量は簡単に次式で与えられる。

$$Q = \alpha \cdot F \cdot \tau \cdot (\theta - t) \dots\dots\dots [\text{Kcal}] \dots\dots\dots (2)$$

ここに α は熱伝達率と呼ばれる比例常数で其のデイメンションはつぎのとおりである。

$$[\alpha] = \left[\frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C}} \right]$$

この Newton 法則にしたがつて熱伝達率 α を求めようとすれば， Q の外に θ ， t を予め知らねばならない。一般には θ ， t のうち t の測定の方が容易でかつ熱伝導の微分方程式を解く上にも限界条件として t が既知なる場合がおおい。

今 Fig 1 の如く固体表面に微小面積 dF をとり，其の面と流体との熱授受を考えると， $\theta > t$ なる時，限界面における伝導熱量は熱伝導の基本式から

$$dQ = -k \cdot dF \cdot dt \left(\frac{d\theta}{dx} \right)_0 \dots\dots\dots (3)$$

ここに k は固体の熱伝導率， $(d\theta/dx)_0$ は x 軸を図のようにとつた場合の表面における温度傾斜である。

また固体表面よりの伝達熱量は (2) 式から

$$dQ = \alpha \cdot dF \cdot d\tau \cdot (\theta - t) \dots\dots\dots (4)$$

両熱量は相等しいはずであるから，

$$-(d\theta/dx)_0 = \frac{\alpha}{k} (\theta - t) \dots\dots\dots (5)$$

となる。

それゆえ Fig 1 において縦軸を温度の座標に撰べば，固体面温度 θ は A 点で表わされ，なお温度傾斜 $-(d\theta/dx)_0$ は，固体面上における固体内の温度分布曲線の接線が x 軸となす角の正接となるゆえ，その角を φ_0 とすれば式 (5) より，

$$\tan \varphi_0 = - \left(\frac{d\theta}{dx} \right)_0 = \frac{\alpha}{k} (\theta - t) \dots\dots\dots (6)$$

ゆえに Fig 1 において A 点における接線を延長し，また周囲流体温度に等しき温度線 CB を描がき，両線の交点を B とすると，三角形 ABC において，

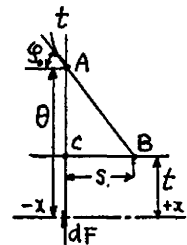
$$\tan \varphi_0 = \frac{AC}{CB} = \frac{(\theta - t)}{S} \dots\dots\dots (7)$$

なる関係をうる。これを式 (6) と対比して

$$S = CB = \frac{k}{\alpha} \dots\dots\dots [\text{m}] \dots\dots\dots (8)$$

すなわち CB は熱伝導率と，熱伝達率との比 k/α を表わすことがわかる。

Fig 1



したがって、 θ 、 t が測定できれば固体内温度分布曲線における傾斜角 φ_0 は求められるからこれから k を既知として α を決定することができる。

なおこの関係は定常不定常いずれの場合に対しても適用せられ、また S の長さは固体面の形には全く無関係となり、 α の値が無限大なる特別の場合には、 $S=0$ すなわち A 、 B 、 C の三点は一点に会し、表面温度と周囲温度とは等しく $\theta=t$ となる。

以上は、熱伝達率 α を既知または常数として考えたのであるが、実際には α は対流伝導放射による影響を考慮した係数であるから厳密にはこれを分離して考えなくてはならぬのであるが、放射によるものは後述するように別個の特性に従うのでここでは伝熱における全熱伝達率 α_T を対流伝導による α と輻射のみによる α_R とに分ち

$$\alpha_T = \alpha + \alpha_R \dots\dots\dots (9)$$

と上式のようにおいて専ら α のみについて考えることにする。しかもその α はまた自由対流と強制流動の二つの場合に分けて考えることができる。

自由対流は流体内の温度差によつて流体密度に不同を生じそれによつて起る対流で、強制流動は外力によるものである。換言すれば自由対流とは固体表面と、伝達の原因がなければ静止しておくべき周囲流体との間の伝熱過程であり、強制対流とは、流体を固体壁面に沿つて外力によつて流動せしめる際の熱の伝達過程である。勿論強制流動の場合にも自由対流は同時に起るのであるが、流速大なる場合には、その作用は無視し得るのが普通である。

以上のように固体面と流体間の熱授受は、主としてここにいう対流によつて行われるのであるが、全体から見れば単純に対流のみによつてなされるのではなくて Prandtl の説に従えば、如何なる種類の流動においても固体面に隣接する部分には殆んど静止している薄い流体膜即ち「限界層」が存在するゆえその層内の伝達は純伝導によつて行われ、したがつて熱伝達の過程は厳密には、最初熱伝導によりその後対流によつて行われることになる。

その状態を説明するために Fig 2 のように温度が θ である壁に沿つてそれよりも低温度 t である流体が流れる場合の温度並びに速度分布を考えて見よう。

流動速度 w は、流体の粘性のため壁面では零となり、ある距りにおいて最大値 w に達する。

同様に流体内の温度も壁温度 θ から一挙に t まで降下せず、ある距りにおいて t となる。以上のべたように温度並びに速度の主なる変化は Prandtl の限界層内で行われ、この特殊限界層内では流体の微小片は内部摩擦の影響を受け、壁面に平行な一定の流動すなわち流線流動をなすから、この層中の伝熱は上にのべたように、主として伝導のみによつて行われるのを知るのである。

したがつてこの場合は、単位時間に壁面から流体へ対流によつて伝達する熱は、

$$Q_a = \alpha \cdot F \cdot (\theta - t) \dots\dots\dots (10)$$

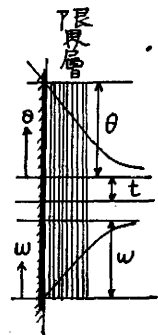
限界層内の伝導によつて伝導する熱量は、

$$Q_\lambda = -k \cdot F \cdot \left(\frac{\partial t}{\partial n} \right)_0 \dots\dots\dots (11)$$

ここに $(\partial t / \partial n)_0$ は限界層内の温度傾斜、 k は流体の熱伝導率である。定常状態ではこの両熱量の値は等しいはずであるから、

$$\alpha = \frac{k \cdot (\partial t / \partial n)_0}{(\theta - t)} \dots\dots\dots (12)$$

Fig 2



それゆゑ熱伝達率 α は、流体の熱伝導率 k 、壁並びに流体温度 θ , t , 限界層内の温度傾斜したが
つて限界層の厚さによつて影響をうけることを知るのである。

限界層についての研究によれば⁴⁾ Fig 3 (a), (b) のように半径 r_0 なる円筒
面の温度が T_0 であるとき、限界層内の温度傾斜が直線的に変化すると仮定する
と基準温度に達する距離を r_s とし、 $r_s - r_0 = s$ とおけば、 $dT/dr = T_0/r_s -$
 $r_0 = T_0/s$ となるから $\alpha = (s+r_0)/r_0 \times ks = k(1/s + 1/r_0)$ となる。

空気の $k = 2.86 \times 10^{-4}$ Watt/cm°C とすれば、磨いた真鍮管の場合の s は

第 1 表

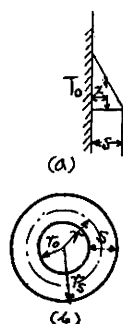
r_0 [cm]	α/k	$1/s$	s [m.m]
0.478	4.86	2.76	3.63
0.94	3.64	2.575	3.86
1.9	3.29	2.763	3.64
3.175	3.00	2.685	3.62
3.8	2.88	2.6175	3.81
5.1	2.70	2.63	3.73

次のようになる。

以上によつて判るように限界層の
厚さは 3.62 ~ 3.86mm の間にあり、
この値は温度により多少増減するが実
用上は限界層の厚さを考慮することな
く、普通 Newton 法則がそのまま適用されている。

筆者の場合も限界層を分けて考えずに Newton 法
則によつて α の測定を行つた。

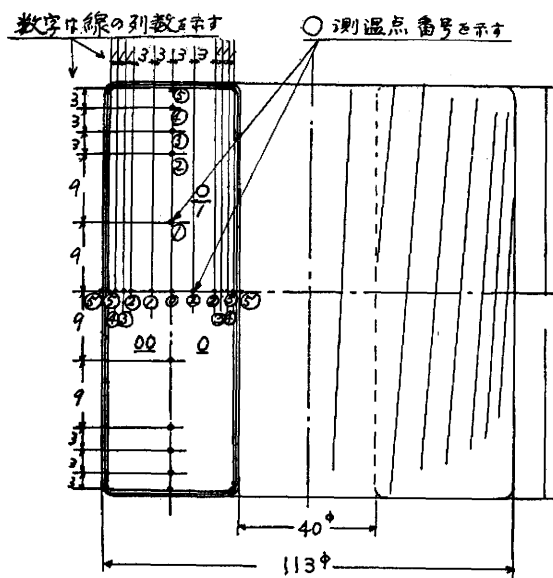
Fig 3



3. 実験試料並びに装置

d. g. c 1.6mm (二重硝子繊維糸巻) 電線で Fig 4 のような線輪を作り、之を「シラスステッ
クテープ」半掛巻としてcureを行い、DC 996「シリコンワニス」を用いて真空含浸し空乾Curing
含浸の操作を二回宛行つた。線輪の各温度測定点には0.35mmの銅「コンスタン」線を銀鍍付した

Fig 4 試験用線



輪巻線数 $T = 54 \times 18 = 972$ d. g. c 1.6 m. m ϕ
一回平均長 $l = 252$ シラスステックテープ
全 長 $L = 252 \times 18 \times 54 = 245m$ 0.18 \times 19 \times 8.05m
重 量 $G = 4.56$ kg DC 996 含浸

ものを挿入し任意の時間に所要点の温度測
定を行なうことができるようにした。実
験は之を第1段静止流体内すなわち自由対
流における熱授受、第2段強制流動並びに
自由対流における熱授受の測定に別ち、
第1段は線輪の消費電力各 50 Watt, 100
Watt, 180 Watt に分けて線輪内温度分布
を測定した。この測定には島津製作所製の
6 接点真空管式自記記録計を用いた。

第2段強制流動の試験の場合は風速 8
m/sec 迄出すことのできる風洞を作りそ
の風洞内に線輪を置き、線輪消費電力各
100 Watt, 200 Watt, 250 Watt 別にピ
トー管によつて風速を測定しつつこれと対
比して切換式mV計によつて線輪定点の測
温を行つた。なお d. c. c 1.6 mm (二重綿
巻) 電線をもつて同型の線輪を作り、A
種絶縁含浸処理を施して同時に実験を行
い、d. g. c と d. c. c の場合の実験結果を比
較できるようにした。

4. 実験の結果

(1) 静止空气中の加熱曲線

試験線輪 d.g.c 巻線未含浸のもの及び d.c.c 巻線含浸のものを直列に接続して直流を通じて加熱した場合の加熱曲線は Fig 5 から Fig 11 までに示した。図中 d.g.c は二重硝子巻線 1.6mm シラスティックテープ半かけ線輪で未含浸, d.c.c は二重綿巻線 1.6mm の同型線輪で綿テープ半かけA種絶縁ワニスで含浸したものである。0, 01, ...001, 002...は Fig 4 による測温点の番号である。d.g.c も含浸しないものは d.c.c の含浸したものより遙かに熱伝導率の低いことがわかる。

Fig 5 消費電力 AC 113V × 5A
= 565 Watt の場合

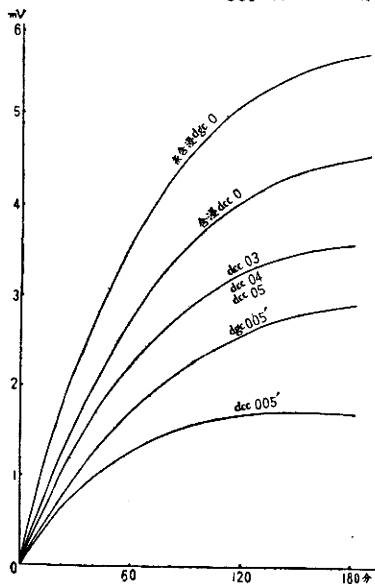


Fig 7 消費電力 7A × 24.4V = 170 Watt の場合
dgc (未含浸) と dcc 含浸の場合
の各測温点温度上昇の状況
室温 26°C

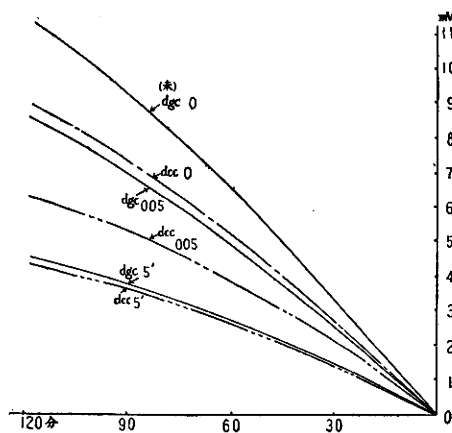


Fig 6 消費電力 113V × 11A = 1243 Watt の場合
d.g.c coil 中心温度 11mV を示すと
きから放冷を行ったもの。
室温 26°C

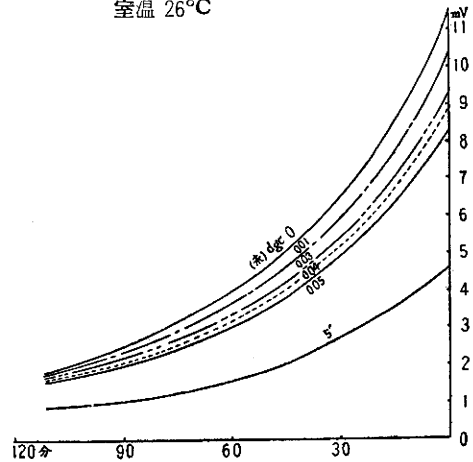


Fig 8 線輪消費電力 50 Watt の場合
dgc (未含浸) dcc (含浸) の各測温点温度
上昇の状況
室温 25.5°C

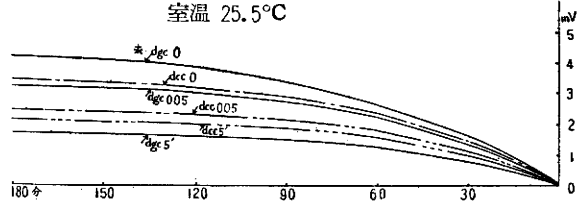


Fig 9 消費電力 50 Watt の場合
dgc 未含浸線輪の各測温点温度
定常状態
室温 25.5°C

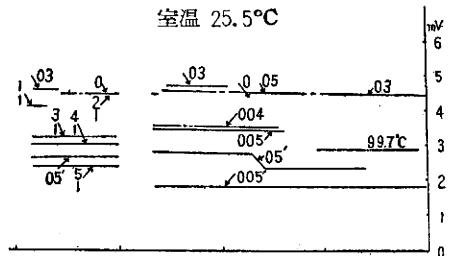


Fig 10 未含浸消費電力 $0.8A \times 22.6V$
 $= 180 \text{ Watt}$ の場合

加熱曲線最高点 35°C , 表面 150°C
 に至り後 $6.2A \times 23.1V = 143 \text{ Watt}$
 定常としての各部温度
 室温 25.5°C

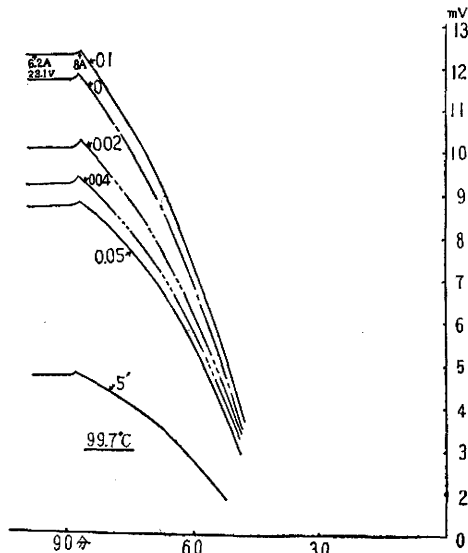


Fig 11 dgc 含浸した場合の各消費電力別各測点温度 (定常)

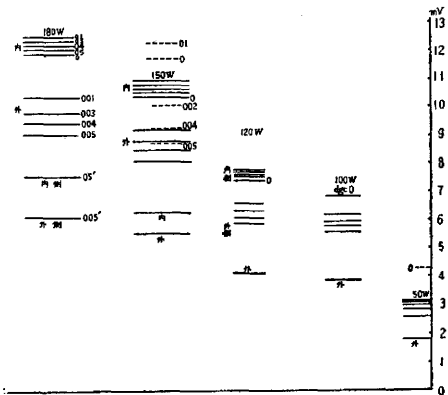


Fig 11 は d. g. c を DC. 996 ワニス二回含浸した場合消費電力 50 Watt, 100 Watt, 150 Watt, 180 Watt 別の各測点温度を示す。図中、内とあるのは Fig 4 線輪断面の 0 より内側、外とあるのは同外側の意で点線は消費電力を同じとした場合の未含浸時の温度を示す。含浸したものと然らざるものとはその温度分布に著しい差がある。

(2) 静止空气中の線輪切断面の温度分布—絶縁被覆内の温度降下

線輪加熱試験の結果定常状態における各部温度から線輪切断面における温度分布を求めると

Fig 12 140 Watt 未含浸
 (Fig 3 に対応する)

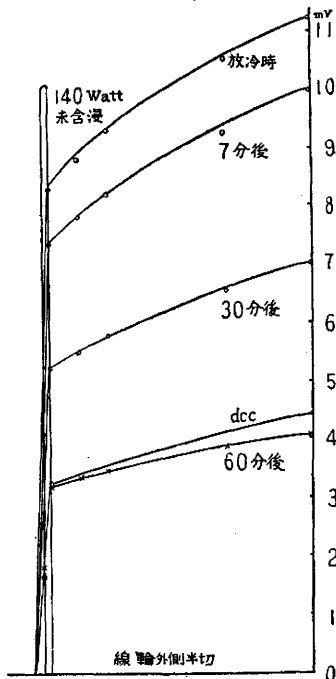


Fig 13 170 Watt 加熱曲線
 (Fig 5 に対応する)

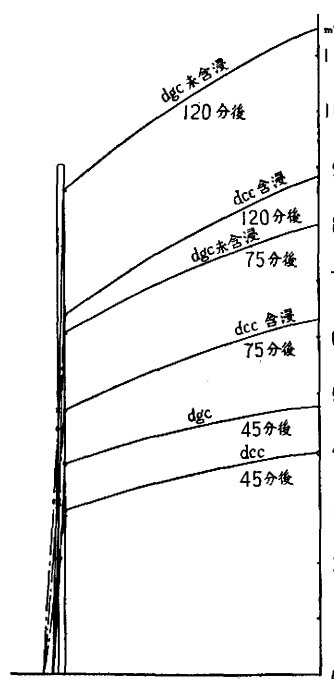


Fig 14 含浸した dgc コイル
 の消費電力別温度分布

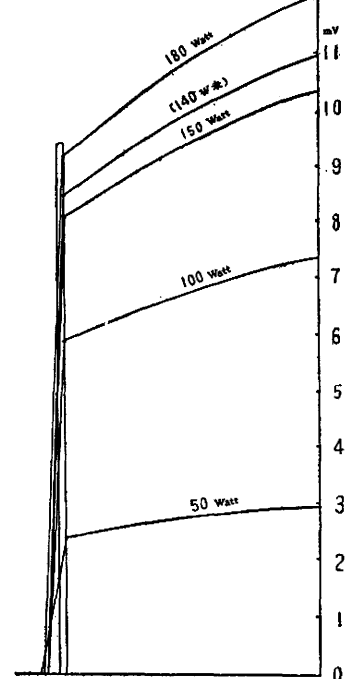


Fig 15 Fig 6 に対応した場合の線輪切断面における上、左右方向の温度分布

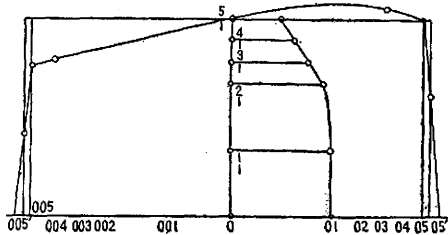


Fig 16 含浸した dgc コイルの切断面における温度分布と絶縁被覆内の温度傾斜（消費電力別）

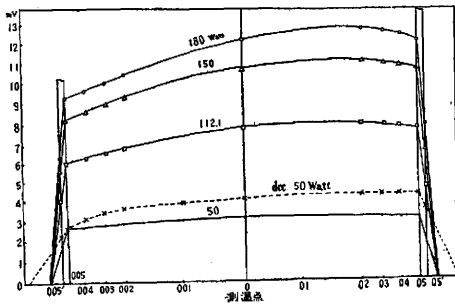


Fig 18 Fig 17 (a) (b) に対応する温度分布の立体図

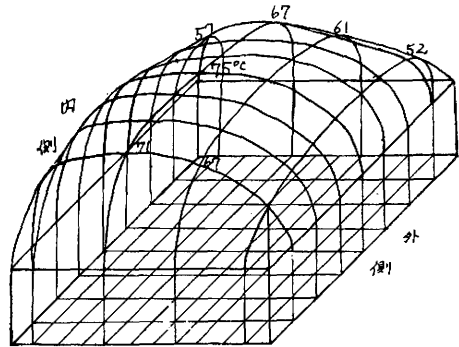
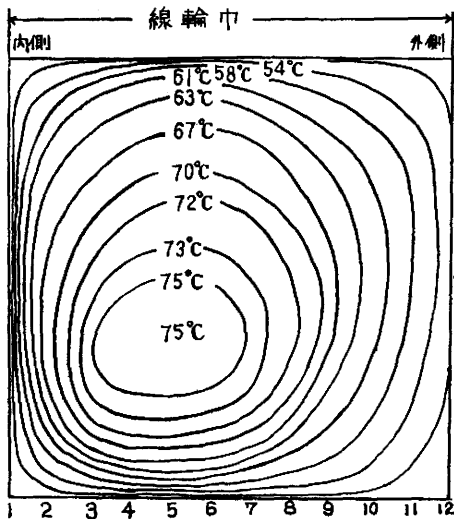


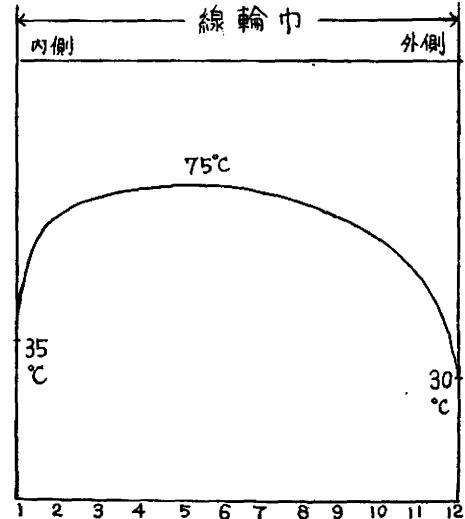
Fig 12 から Fig 18 までである。Fig 12 から Fig 15 までは加熱及び冷却曲線によつて得られた各部の温度上昇を線輪切断面の温度分布及び被覆内の温度傾斜として示したものである。Fig 16 から Fig 18 まではこれ等温度分布を等温線図、立体図等の表わし方で示したものである。

Fig 17 DCC (含浸) 最高温度 75°C の場合における線輪切断面の等温線図と温度分布図

(a)



(b)



(3) 静止空気中における「シリコーン」絶縁の熱伝達率

(8) 式 $\alpha = k/s$ によつて α を測定できるから Fig 19, Fig 20 及び Fig 21 からこれを計算すると第2表ようになる。Fig 21 は「シリコーン」絶縁の熱伝達率 k の値を示したものである²⁾。



Fig 19

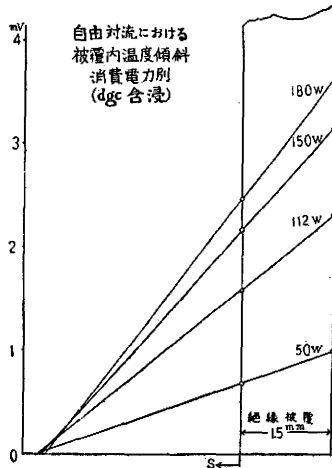


Fig 20

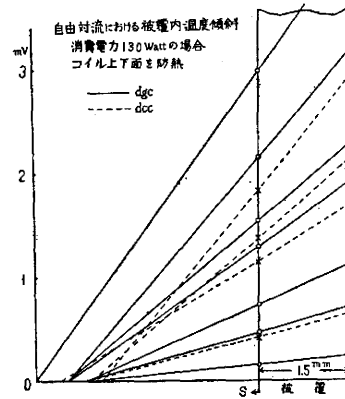
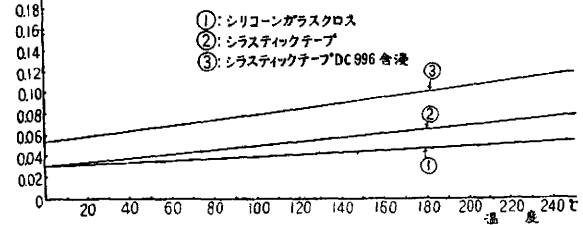


Fig 21 「シリコン」絶縁の温度上昇に対する熱伝導率



第 2 表

線輪消費電力 [watt]	線輪表面温度 [°C]	右に対応する熱伝導率 k [watt/m ² °C]	S [m.m]	$\alpha = k/S$ [watt/m ² °C]	線輪平均温度 [抵抗法°C]
50	69.5	0.044	3.67	12	107
100	115.5	0.053	3.37	15.7	171
100	151.5	0.06	3.2	15.3	216
180	165.5	0.069	3.13	20.1	242

また Fig 20 に示したように線輪の上下面を熱絶縁して周囲のみから放熱するようにして行つた実験の結果から α を算定すると第3表のようになる。

第 3 表

線輪消費電力 [watt]	線輪表面温度 [°C]	右に対する熱伝導率 watt/m ² °C	Smm	$\alpha = k/S$ [watt/m ² °C]
50 (室温14°C)	26	0.033	3.1	10.6
	32	0.036	3.1	11.6
	45	0.039	3.1	12.6
	51	0.041	2.76	14.8
	66	0.043	2.76	15.5

(4) 静止空気中における放射による熱伝達率

放射によつて失われる熱量はそれに面接する他の物体の存在によつて影響をうけその量 Q_R は次のように書き表わされる。

$$Q_R = \varphi \cdot C_{12} \cdot F \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \dots\dots\dots (13)$$

ここに φ は放射面と受熱面との間の全放射に対する角関係

C_{12} は 放射面と受熱面の有効放射恒数

F は 放射面の面積

T_1, T_2 は 放射面及び受熱面の絶対温度

しかし工学上では毎秒物体の 1m^2 表面から放射される熱量 ω_s を

$$\omega_s = 5.7\nu \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \dots\dots\dots (14)$$

として与えている。Wahmsler, Richter⁵⁾ 等によれば ν の値は第4表のようである。

さらに

$$\omega_s = h_s \theta \dots\dots\dots (15)$$

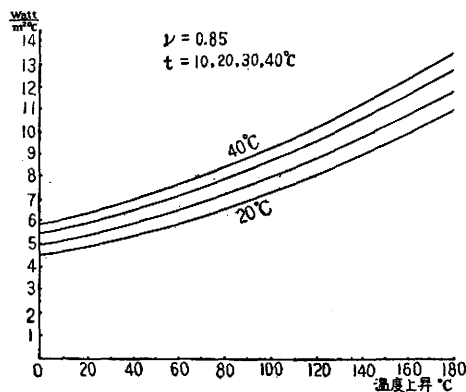
とあらわし電気機械では ω_s は $6\text{Watt}/\text{m}^2\text{C}$ と与えられている。

Fig 22 は (14) 式において $\nu = 0.85$ とした場合の ω_s の値を示す。本節 (1) における線輪加熱試験において得られた消費電力別の試験の場合の表面温度をもつて Fig 22 から該温度に対応する放射熱量を

第 4 表

物 体	ν
純 黒 体	1.00
磨 銅	0.17
鍛 鋼 (粗)	0.95
鋳 鉄	0.97
繊維又は紙	0.9

Fig 22 放射による熱伝達率



求める
と第5
表のよ
うにな
る。

Fig 23は自由対流の場合の「シリコン」絶

縁の熱伝達率を示す。この場合全熱伝達率 $\alpha_T = \alpha + \alpha_R$ となつて放射による熱伝達率も考えなくてはならないけれども (4) に述べたように放射による熱伝達率の放射恒数は正確を欠くので、本論文に於ては放射による熱伝達率についてはこれ以上言及しないことにした。

(5) 強制流動における絶縁被覆内の温度降下

試験用線輪を Fig 24 に示すような風洞内に装置して風速を $0.8\text{m}/\text{sec}$ から $8\text{m}/\text{sec}$ まで変化させ

第 5 表

線輪消費電力 [watt]	放射による熱伝導率 [watt/m ² °C]	温度上昇 $\theta - t$ [°C]
180	10.2	140
150	9	126
100	7.9	90
50	6.2	44

Fig 23 自由対流における「シリコン」絶縁の温度上昇と熱伝達率

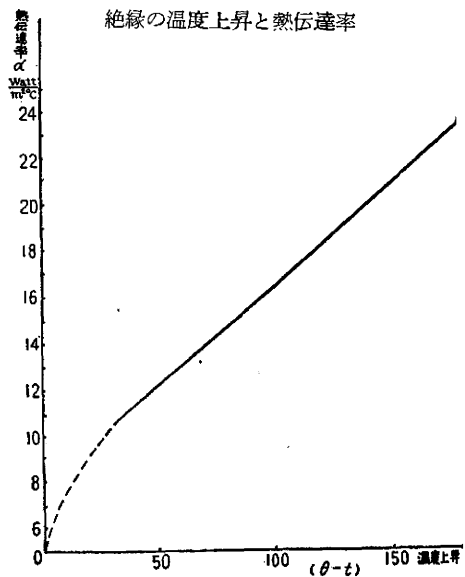
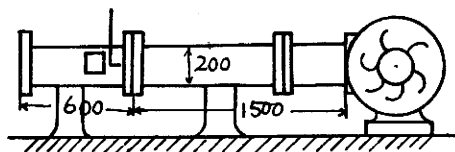


Fig 24 風 洞



消費電力別にその被覆内温度傾斜を測定したものを Fig 25 から Fig 30 までに示した。Fig 29 までは dgc 線輪に対するもので、Fig 29 は dgc, dcc 線輪との比較を示し、Fig 30 は表面温度上昇を 0°C とした場合の熱伝達の状態を示したものである。

Fig 31 は以上の実験に於ける熱電対起電力と温度との更正曲線である。

Fig 25

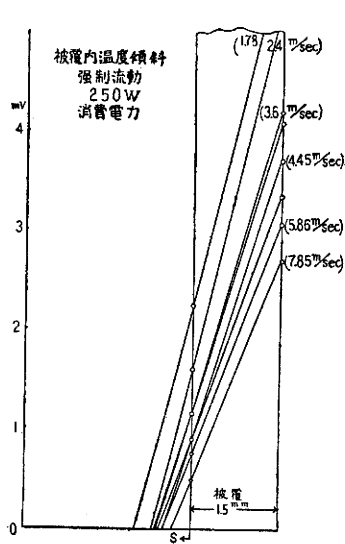


Fig 26

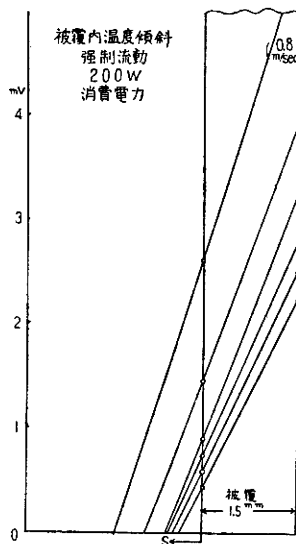


Fig 27

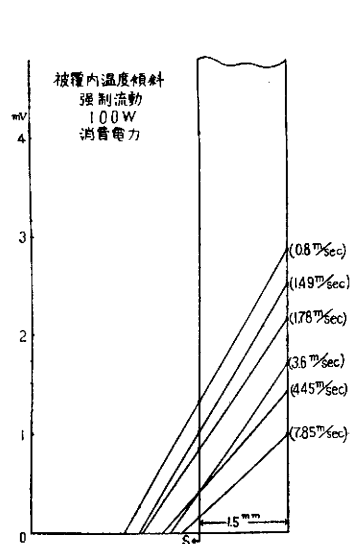


Fig 28

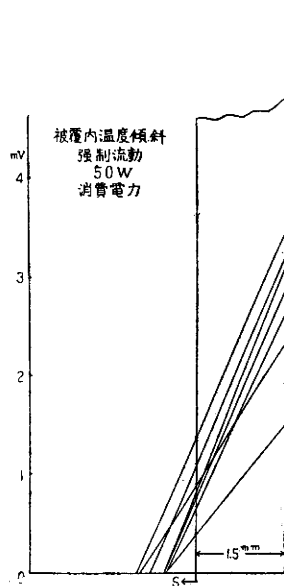


Fig 29

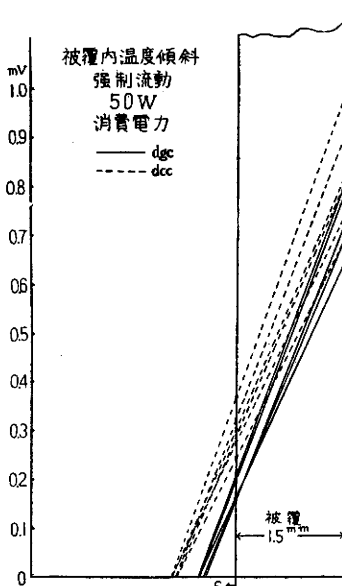


Fig 30

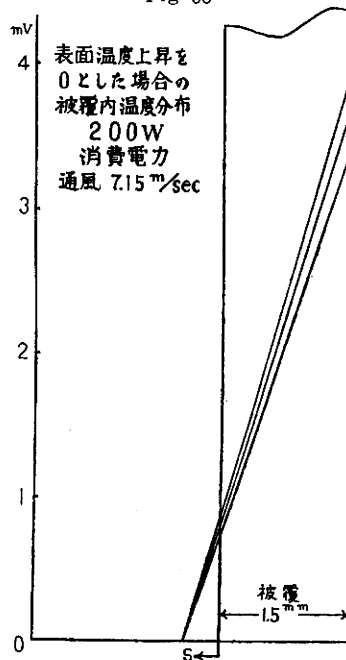
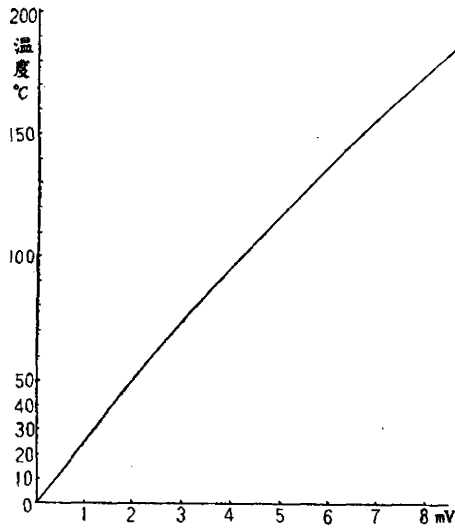
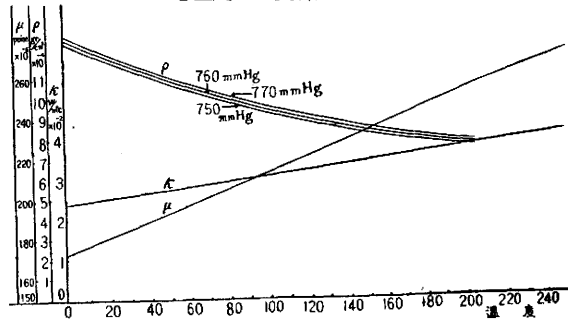


Fig 31 熱電対起電力と温度
更正曲線

(6) 強制流動における熱伝達率の算定

(5) によつて得られた資料に基づいて風速別に対する絶縁被覆内の温度傾斜が決定するからこれから(8)式の s を実測してさらに表面温度に相当する「シリコン」絶縁の熱伝導率を Fig 21 から求めると $\alpha = k/s$ によつて α が算定せられる。その値は第8表のようである。

Fig 32 空気の粘性係数, 密度, 熱伝導率
と温度との関係

めると $\alpha = k/s$ によつて α が算定せられる。その値は第8表のようである。

第 6 表

風速 消費電力 watt	m/Sec	0.8	1.13	1.49	1.6	1.78	3.6	4.46	5.86	6.4	7.85	8
250	α_1	26	28.8	38	-	36.6	66.8	75.8	11.4	-	12.5	-
	α_2	42	45.8	61.6	-	61	11.3	13.1	19.8	-	21.2	-
200	α_1	36.2	33.4	39.4	45.2	47.8	-	-	79.6	-	-	81.5
	α_2	59.8	54.4	66.4	73.8	78.9	-	-	13.5	-	-	13.7
100	α_1	30.8	-	38.5	-	31	56.7	63.6	-	-	-	14.3
	α_2	49.3	-	68	-	68	97.7	11.3	-	-	-	25.8
50	α_1	31.0	35.2	-	41.8	47.0	-	59.5	-	75.6	-	-
	α_2	52.8	61.0	-	73.8	81.0	-	11.0	-	133.6	-	-

α_1 はシラスティックテープの熱伝導率を用いた場合

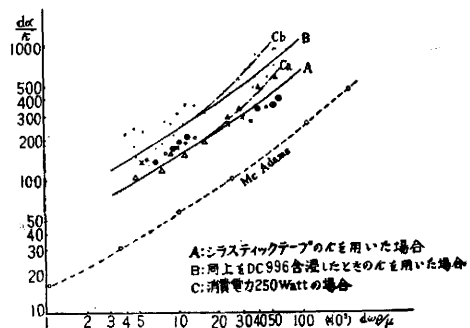
α_2 はシラスティックテープ (DC 996 含浸) 熱伝導率を用いた場合

さらに Fig 32⁶⁾ から被覆表面温度と流体温度との平均温度に相当した空気の粘性係数, 密度, 熱伝達率を求めて, 消費電力別に Nusselt 係数, Reynold 係数を算定してこれを対数図表で示すと Fig 33 のようになる。

(7) 測定値に対する補正

(6) においてのべた結果は通風方向に対向した線輪の一点の温度を測定して得られた結果であるから, その値は直ちに「シリコン」絶縁の熱伝達率として採用することはできない。円筒周囲における熱伝達率の分布については Lohrish, Drew

Fig 33 「シリコン」絶縁の熱伝達率



and Ryan 等の研究によつてそれが興味ある形状を呈することが報告されている⁷⁾。Lohrish の結果を Fig 34 に示した。この図形は Reynold 係数別に Nusselt 係数の値が示されている。

Fig 34 円筒外表面上の熱伝達率
分布曲線

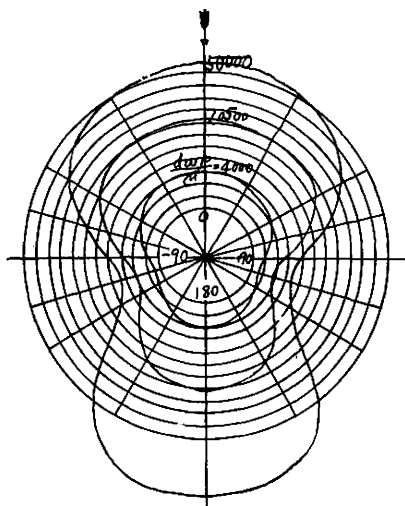


Fig 35 円筒外表面上の熱伝達率
分布展開図

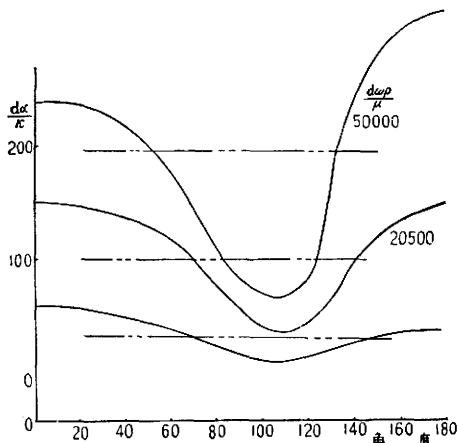
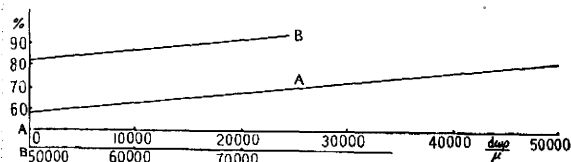


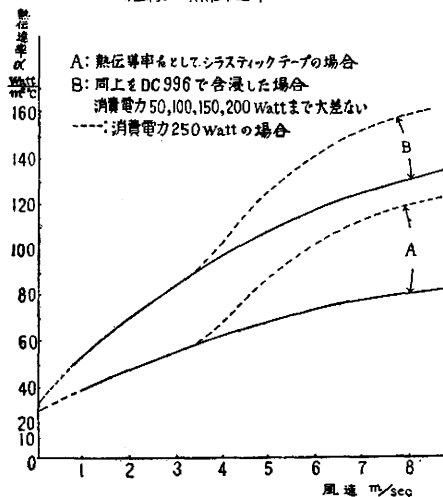
Fig 36 温定値 Nu 係数と Lohrish 図形における平均値との割合



Nusselt 係数が風向に対する角度の変化によつて異なる割合を Reynold 係数別に求めると Fig 35 のようになる。この割合を換算率として Fig 36 に示す。これによつてこの実験による測定値をまず平均 Nusselt 係数に補正し、さらにそれから熱伝達率を算定すると Fig 37 の結果をえる。

図中Aは熱伝導率を小なるものにとり、Bはこれを大なるものとしてとつた場合の値である。点線は消費電力 250 Watt とした時の特殊の状態を示している。

Fig 37 強制流動における「シリコン」
絶縁の熱伝達率



4. 考 察

この実験の結果を Fig 33 に示したように Mc Adams の単管についての多数の数値⁸⁾と比較すると、「シリコン」絶縁の熱伝達率は相当高く算定されている。このことは次の事項に影響されるものと考えられる。すなわち

- (a) 実験が乱流の影響のあるような状態において行なわれたこと
- (b) 「シリコン」絶縁の表面状態が平滑でないから熱伝達率の良好であることが考えられる

こと

- (c) 放射による伝熱量を考慮していないこと
- (d) 温度測定用熱電対の導線が風路に鰐付効果を助長したような傾向が考えられること
- (e) Lohrsh の実験に基いて補正を行つたこと

この実験で得られた熱伝達率は上述のように McAdams の結果に比べて相当高い値を示すものと考えられるのであるが、自由対流の場合には 35°C におけるその値は $12.5 \text{ Watt/m}^2\text{C}$ である。しかるに Richter が A 種絶縁の場合に示した熱伝達率は 35°C で $14 \text{ Watt/m}^2\text{C}$ であるから⁹⁾、この点では「シリコーン」絶縁体は自由対流の場合の熱伝達状態では若干劣ることが覗われる。ただ「シリコーン」絶縁はその本来の指命が高温度上昇にあるからその点を見ると、 150°C で $21 \text{ Watt/m}^2\text{C}$ ととれるから、A 種絶縁に比べて正しく 1.5 倍となり、特筆すべき特長のあることを示している。

強制流動の場合にも A 種絶縁に対して同様特に優れているとは認められないが、通風を高めるに従つてその値は格段の差を示し、電流密度 3.5 A/mm^2 で $70 \sim 120 \text{ Watt/m}^2\text{C}$ を示し、電流密度 4 A/mm^2 では風速 4 m/sec から急昇して 8 m/sec では $110 \sim 150 \text{ Watt/m}^2\text{C}$ を示している。このことは「シリコーン」絶縁の熱伝達特性として注目すべき結果である。

5. 結 言

この実験の結果は以上のべたようであるが、「シリコーン」絶縁の熱伝達率について結論すると次のようになる。

すなわち、

(a) 自由対流の場合

A 種絶縁と同程度の温度上昇で使用する場合はその熱伝達率は若干劣るから特に温度上昇を避けたいような設計の場合は注意を要する。しかし本来の指命である高温度上昇を目的に設計する場合にはその熱伝達率は A 種絶縁の場合の 1.5 倍良好として取扱つてよい。

(b) 強制流動の場合

この場合も (a) と同様に低電流密度、低風速では A 種絶縁に比べて優れているとは考えられないが、高電流密度、高風速になるに従つてその本来の特性を発揮し、その熱伝達率は A 種絶縁の場合の 2 倍以上数倍にも及ぶものと考えてよい。

以上を要するに電気機器に対して「シリコーン」絶縁を用いる場合には現行 110°C 温度上昇に対して A 種絶縁の場合に比して 1.5 ～ 1.75 倍の熱伝達率を採用して差支えないものといふことができる。

終りに臨みこの研究に終始熱心な御指導を賜つた京都大学阿部清、同林千博両教授並びに協力や助言を頂いた京都大学豊田実博士、竹屋助教授、本学広瀬助教授、若林講師各位に対し厚く感謝する次第である。

参 考 文 献

- | | | | |
|----|---------|----------|-------------------|
| 1) | 藤 宗 寛 治 | 福井大学研究報告 | P. 1 Vol 3 (昭29) |
| 2) | 〃 | | P. 39 Vol 3 (昭30) |

3)	大賀 恵 二	熱伝導論とその応用	P. 15	
4)	森 元 吉	電 学 誌	P. 99	Vol55 (昭10)
5)	Richter	Elekt Masch BdI	P. 313	1951
6)	芝 亀 吉	物理常数表		
7)	Mc Adams	Heat Transmission	P. 221	1942
8)	Mc Adams	Heat Transmission	P. 219	1942
9)	Richter	Elekt Masch BdI	P. 317	1951
